

PROJETO DE UM CONTROLADOR PID APLICADO EM UM TANQUE DE NÍVEL DIDÁTICO

Vanessa dos Santos Conceição (ICV/UFP);
Prof. Dr. José Medeiros de Araújo Júnior (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFP);
vanessa04061997@gmail.com.

Introdução

Em projeto de sistemas de controle é necessário o modelo matemático do processo a ser controlado. Como os modelos são obtidos, inicialmente, na forma de equações diferenciais, normalmente faz-se o uso da Transformada de Laplace para se ter uma representação mais prática, devido a sua vantagem de facilitar o entendimento em relação ao desempenho, resposta do sistema e até análise de estabilidade obtida graficamente (FRANKLIN, 2013). Com essa transformada, as EDO's, que são funções no domínio do tempo, são convertidas para funções onde o domínio são variáveis complexas, e essa representação é denominada de Função de Transferência. Por meio dessas funções, pode-se verificar se o sistema apresenta dinâmica lenta, resposta oscilatória e erro em relação às condições desejadas aplicadas na entrada (ROSARIO, 2009), (OGATA, 1998).

Com base em técnicas da teoria de controle, este trabalho apresenta a modelagem de um sistema de tanques de nível, bem como a sua análise em malha fechada, de tal forma a se verificar quantitativamente a sua dinâmica, e a partir dessas informações, realizar o projeto de um controlador PID, utilizando o método LGR (Lugar Geométrico das Raízes). A inclusão desse controlador visa melhorar a dinâmica do sistema, fazendo com que o mesmo apresente uma resposta satisfatória, possibilitando a sua melhor aplicação em processos industriais.

Metodologia

O sistema de nível escolhido para ser utilizado no projeto é ilustrado na Figura 1. Nessa figura, é possível verificar que o sistema trabalha com uma bomba alimentando o tanque 1, que por sua vez alimenta o tanque 2 (QUANSER COORPORATION, 1998). Nessa configuração, o tanque que terá seu nível controlado é o tanque 2.

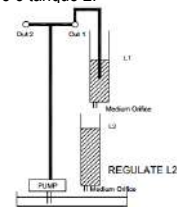


Figura 1: Diagrama da configuração do sistema.
Fonte: Manual da Quanser

Projeto de controle

A obtenção da função de transferência desse sistema foi realizada através de modelos representados por variáveis de estado do tanque 1 e do tanque 2. Ambos os modelos são destacados nas equações 1 e 2:

$$\begin{bmatrix} \dot{L}_1 \\ \dot{\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{a_1}{A_1} & \frac{g}{2L_{10}} \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ \zeta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_m \\ 0 \end{bmatrix} V_p \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{L}_2 \\ \dot{\zeta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{a_2}{A_2} & \frac{g}{2L_{20}} \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_2 \\ \zeta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{a_1}{A_2} & \frac{g}{2L_{10}} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ \zeta \end{bmatrix} \quad (2)$$

onde a_1 e a_2 são as áreas dos orifícios de saída de líquido dos tanques 1 e 2, A_1 e A_2 são as áreas das seções transversais dos tanques, K_m a constante da bomba, g a aceleração da gravidade e L_1 e L_2 altura da coluna de líquido nos tanques. A tensão necessária para bomba é computada através da equação:

$$V_{p0} = \frac{a_1}{K_m} \sqrt{\frac{g}{2L_{10}}} L \quad (3)$$

Matematicamente a conversão do modelo de variáveis de estado para função de transferência é realizada através da equação 4, na qual I é matriz identidade e A , B e C são as matrizes de variáveis estado:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = C[sI - A]^{-1}B + C \quad (4)$$

Os valores das constantes usadas na configuração são colocados no Quadro I:

Constante da bomba (K_m)	4,6 (cm^3/sV)
Aceleração da gravidade (g)	981 (cm/s^2)
Área da seção transversal do tanque (A_1)	15,5179 cm^2
Área da seção transversal do tanque (A_2)	15,5179 cm^2
Área do orifício de saída (a_1)	0,1781 cm^2
Área do orifício de saída (a_2)	0,1781 cm^2

Quadro I: Constantes utilizadas para a configuração.
Fonte: Autor

A função de transferência, obtida através do software Matlab, para um nível de 15 cm em malha fechada é:

$$M(s) = \frac{0,01946}{s^2 + 0,1313s + 0,02377} \quad (5)$$

A resposta ao degrau não-unitário e o LGR do sistema estão mostrados na Fig. 2

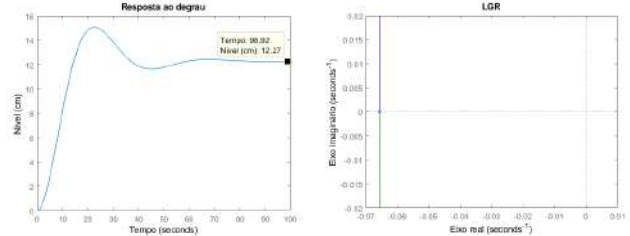


Figura 2: Resposta e LGR do sistema.

Fonte: Autor

Analisando a Fig. 2 é possível ver que ocorre erro em regime permanente, pois o valor do nível está próximo de 12,3 cm e não corresponde ao valor de referência que é de 15 cm. Além disso há um sobressinal (*overshoot*) em uma amplitude não desejada, com isso se faz necessário o projeto de um controlador PID. Esse controlador corrige o erro em regime permanente, bem como o transitório da resposta. O projeto a ser realizado utiliza o método do LGR para encontrar o controlador ideal. Para isso, foi definido as condições desejadas como sendo: *overshoot* de 10% e tempo de assentamento de 20 segundos. O controlador é projetado através dos critérios de ângulo e módulo (ARAÚJO, 2007). O LGR para projeto do PID é colocado a seguir com o controlador obtido

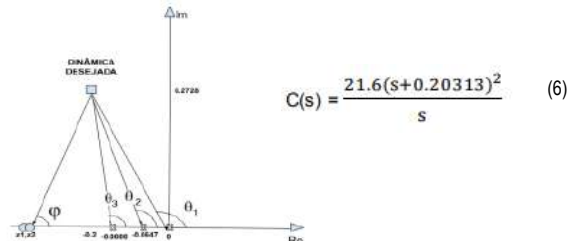


Figura 3: LGR para projeto de controle e o controlador obtido.

Fonte: Autor

Resultados e discussão

O controlador PID encontrado através do LGR, é colocado em série com a função de transferência em malha aberta da planta. A Fig. 4 mostra a nova resposta ao degrau do sistema em malha fechada com a presença do controlador PID e o novo LGR.

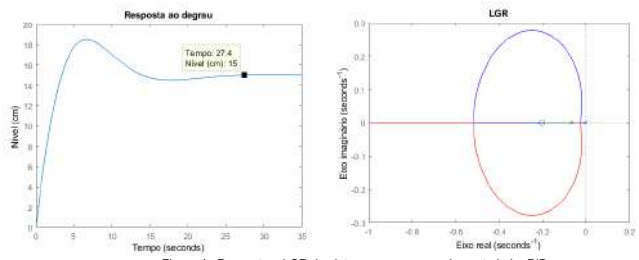


Figura 4: Resposta e LGR do sistema na presença do controlador PID

Fonte: Autor

Analisando-se esta figura, percebe-se que o erro em regime foi eliminado, pois o valor do nível em regime permanente está em 15 cm que era o esperado. Além disso, pode ser observado que o tempo de assentamento está em 20 segundos e o *overshoot* foi suavizado, assim como foi projetado. Com o PID o LGR apresenta uma nova configuração com um pólo na origem, dois zeros e mais dois pólos no semiplano esquerdo.

Conclusão

A modelagem do sistema envolveu as dinâmicas dos tanques 1 e 2 associados, a função de transferência obtida foi de segunda ordem como o esperado, apresentando uma característica subamortecida. A análise da resposta da planta após a inclusão do controlador apresentou resultados satisfatórios. Foi possível verificar, por meios computacionais, como um projeto de controle do tipo PID pode colaborar com a eliminação de erros na resposta em malha fechada de um sistema, sendo ela transitória e/ou permanente.

Referências

- OGATA, Katsuhiko; SEVERO, Bernardo. Engenharia de controle moderno. Prentice Hall do Brasil, 1998.
QUANSER COORPORATION, Coupled Water Tank Experiments, Quanser Cooperation, 1998.
FRANKLIN, Gene F.; POWELL, J. David; EMAMI-NAEINI, Abbas. Sistemas de controle para engenharia. Bookman Editora, 2013.
ROSARIO, Joao Mauricio. Automação industrial. Editora Baraúna, 2009.
ARAÚJO, Fábio Meneghetti Ugolino de. Sistemas de controle. Apontamentos. UFRN. Departamento de Engenharia de Computação e Automação. Natal-RN, 2007.